

© EPODOC / EPO

PN - RU2175819 C 20011110  
PD - 2001-11-10  
PR - RU19980122123 19981203  
OPD - 1998-12-03  
TI - DEVICE TO GENERATE NEUTRON AND X-RADIATION  
AB - plasma technology, thermonuclear fusion. SUBSTANCE: device to generate neutron and X-radiation has pulse source of electromagnetic energy, for instance, blast-magnetic generator, current release, plasma chamber with preliminary magnetization of plasma connected to output of release. In addition device includes inductive element capable of adjustment of inductance value with the aid of screen connected in series with pulse source and current release and placed between them. EFFECT: increased functional reliability of device. 2 dwg  
IN - DEMIN A N; KORCHAGIN V P; MOROZOV I V; PAK S V; CHERNYSHEV V K; IVANOV V A; SKOBELEV A N; VOLKOV G I  
PA - RGII; MRF ATOMNOJ EHNERF JADERNYJ TS VSEROSIY; SKIJ NII EHKSPERIMENTAL NOJ FI  
IC - H05H1/02 ; H05H7/02 ; H05G1/02 ; G21B1/00

© WPI / DERWENT

TI - Device to generate neutrons and X-radiation  
PR - RU19980122123 19981203  
PN - RU2175819 C2 20011110 DW200235 H05H1/02 000pp  
PA - (NUCL-R) NUCLEAR POWER MIN  
- (RUNU-R) RUSSIAN FEDERAL NUCLEAR CENTRE  
IC - G21B1/00 ; H05G1/02 ; H05H1/02 ; H05H7/02  
IN - CHERNYSHEV V K; DEMIN A N; IVANOV V A; KORCHAGIN V P; MOROZOV I V; PAK S V; SKOBELEV A N; VOLKOV G I  
AB - RU2175819 NOVELTY - A device to generate neutrons and X-radiation has a pulse source of electromagnetic energy, e.g. a blast-magnetic generator, a current release, and a plasma chamber with preliminary magnetization of plasma connected to the output of release. In addition, the device includes an inductive element capable of adjustment of inductance value with the aid of a screen connected in series with the pulse source and current release and placed between them.  
- USE - Plasma technology and thermonuclear fusion.  
- ADVANTAGE - Increased functional reliability of device.  
- (Dwg.0/1)



OPD - 1998-12-03

AN - 2002-314451 [35]





(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 175 819** <sup>(13)</sup> **C2**  
(51) МПК<sup>7</sup> **H 05 H 1/02, 7/02, H 05 G**  
**1/02, G 21 B 1/00**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

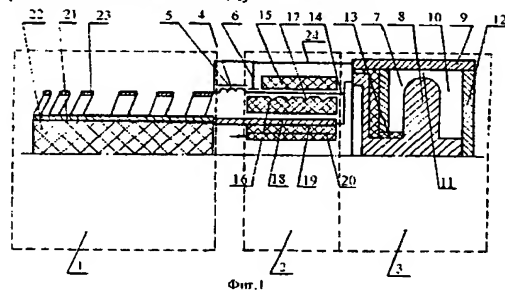
(21), (22) Заявка: 98122123/09, 03.12.1998  
(24) Дата начала действия патента: 03.12.1998  
(43) Дата публикации заявки: 20.10.2000  
(46) Дата публикации: 10.11.2001  
(56) Ссылки: SU 1616386 A1, 09.08.1995. SU 1268080 A1, 19.09.1995. RU 2082289 C1, 20.06.1987. WO 85/00951 A1, 28.02.1985. US 4948458 A, 14.08.1990.  
(98) Адрес для переписки:  
607190, Нижегородская обл., г. Саров, пр. Мира, 37, РФЯЦ-ВНИИЭФ, начальнику ОПИНТИ А.А.Кимачеву

(71) Заявитель:  
Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Министерство Российской Федерации по атомной энергии  
(72) Изобретатель: Чернышев В.К., Пак С.В., Волков Г.И., Демин А.Н., Иванов В.А., Корчагин В.П., Морозов И.В., Скобелев А.Н.  
(73) Патентообладатель:  
Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Министерство Российской Федерации по атомной энергии

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ НЕЙТРОННОГО И РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЙ**

(57)  
Использование: изобретение относится к области плазменной техники и управляемого термоядерного синтеза, в частности к устройствам для генерации нейтронного и рентгеновского излучений. Технический результат изобретения - повышение надежности работы устройства для генерации нейтронного и рентгеновского излучений. Сущность изобретения: устройство для генерации нейтронного и рентгеновского излучений содержит импульсный источник электромагнитной энергии, например взрывомагнитный генератор, размыкатель тока и подключенную к выходу размыкателя плазменную камеру с предварительным замагничиванием плазмы. Устройство дополнительно содержит индуктивный

элемент с возможностью регулирования величины индуктивности с помощью экрана, последовательно соединенный импульсным источником и размыкателем тока и расположенный между ними. 2 ил.





(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 175 819** <sup>(13)</sup> **C2**  
 (51) Int. Cl. <sup>7</sup> **H 05 H 1/02, 7/02, H 05 G**  
**1/02, G 21 B 1/00**

RUSSIAN AGENCY  
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 98122123/09, 03.12.1998  
 (24) Effective date for property rights: 03.12.1998  
 (43) Application published: 20.10.2000  
 (46) Date of publication: 10.11.2001  
 (98) Mail address:  
 607190, Nizhegorodskaja obl., g. Sarov, pr.  
 Mira, 37, RFJaTs-VNIIEhF, nachal'niku OPINTI  
 A.A.Kimachevu

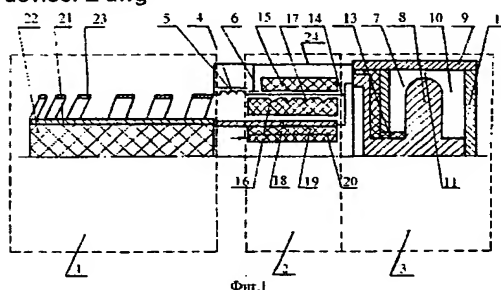
(71) Applicant:  
 Rossijskij federal'nyj jadernyj tsentr -  
 Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij  
 institut ehksperimental'noj fiziki,  
 Ministerstvo Rossijskoj Federatsii po  
 atomnoj ehnergii  
 (72) Inventor: Chernyshev V.K.,  
 Pak S.V., Volkov G.I., Demin A.N., Ivanov  
 V.A., Korchagin V.P., Morozov I.V., Skobelev  
 A.N.  
 (73) Proprietor:  
 Rossijskij federal'nyj jadernyj tsentr -  
 Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij  
 institut ehksperimental'noj fiziki,  
 Ministerstvo Rossijskoj Federatsii po  
 atomnoj ehnergii

(54) **DEVICE TO GENERATE NEUTRON AND X-RADIATION**

(57) Abstract:

FIELD: plasma technology, thermonuclear fusion. SUBSTANCE: device to generate neutron and X-radiation has pulse source of electromagnetic energy, for instance, blast-magnetic generator, current release, plasma chamber with preliminary magnetization of plasma connected to output of release. In addition device includes inductive element capable of adjustment of inductance value with the aid of screen connected in series with pulse source and current release and placed between them. EFFECT: increased functional reliability of

device. 2 dwg



Изобретение относится к области плазменной техники, в частности к устройствам для генерации нейтронного и рентгеновского излучения за счет получения высокотемпературной плазмы.

Известны устройства для генерации нейтронного и рентгеновского излучения, получаемых с помощью нагрева плазмы. Например, в работе "An explosive generator - powered plasma focus", J. Bernard et al. Physics Letter, vol. 35A, N 4, 1971, p.288-289 описано устройство для получения нейтронного и рентгеновского излучения, содержащее источник электромагнитной энергии в виде взрывомагнитного генератора (ВМГ), размыкателя тока и плазменную камеру, подключенную к выходу размыкателя.

Недостатком данного устройства является то, что в этом устройстве имеют место относительно низкая достигаемая температура плазмы и как следствие недостаточная надежность работы и относительно низкий уровень выхода нейтронного и рентгеновского излучения. Это происходит вследствие того, что в данном устройстве не производится предварительного замагничивания плазмы, что ограничивает скорость ее разгона при воздействии на плазму магнитного поля от протекающего через плазменную камеру тока и, следовательно, ограничивает степень нагрева плазмы.

Этот недостаток устранен в другом устройстве для получения высокотемпературной плазмы (см. авторское свидетельство СССР N 1616386, МПК G 21 B 1/00, фиг. 1 и 4, Веселов В.Н., Демидов В.А., Корчагин В.П., Ларцев М.В., Павловский Е. С, заявлено 14.03.88, опубликовано 09.08.95 г., бюл. N 22). В этом авторском свидетельстве приведено описание устройства для получения высокотемпературной плазмы, содержащее импульсный источник электромагнитной энергии, например взрывомагнитный генератор, размыкатель тока, подключенную к выходу размыкателя плазменную камеру с предварительным замагничиванием плазмы и резистор, последовательно соединенный с размыкателем тока.

В данном устройстве вследствие того, что предварительная запитка осуществляется за счет диффузии магнитного потока через резистор (см. фиг. 4), последовательно соединенный с размыкателем тока, трудно осуществить оптимальное соотношение между амплитудами токов предварительной (для замагничивания плазмы) и основной (для ускорения и нагрева плазмы) запиток, в результате чего снижается надежность работы устройства.

Решаемая задача - создание устройства для исследований процесса нагрева замагниченной плазмы до 2 кэВ и возможности получения рентгеновского и нейтронного излучения.

Технический результат предлагаемого изобретения - повышение надежности работы устройства для генерации нейтронного и рентгеновского излучения.

Технический результат достигается тем, что по сравнению с известным устройством для получения высокотемпературной плазмы, содержащим импульсный источник электромагнитной энергии, например

взрывомагнитный генератор, размыкатель тока и подключенную к выходу размыкателя плазменную камеру с предварительным замагничиванием плазмы, новым является то, что заявляемое устройство дополнительно содержит индуктивный элемент с возможностью регулирования величины индуктивности с помощью экрана, расположенный между импульсным источником и размыкателем и последовательно соединенный с ними.

Введение в предлагаемое устройство индуктивного элемента с экраном для регулирования величины индуктивности и его расположение между импульсным источником и размыкателем обеспечивают то, что физические процессы в прототипе и предлагаемом устройстве протекают по-разному. В прототипе замагничивание плазмы осуществляется с помощью тока предварительной запитки ( $I_{предв}$ ), а ускорение и нагрев плазмы происходит с помощью тока основной запитки ( $I_{осн}$ ). Основная запитка плазменной камеры обеспечивается за счет применения размыкателя тока, а предварительная запитка осуществляется за счет диффузии магнитного потока от источника электромагнитной энергии (ВМГ) через резистор. До момента размыкания цепи ток предварительной запитки определяется временем, амплитудой протекающего через резистор тока ВМГ и сопротивлением резистора, причем величина сопротивления резистора зависит от протекаемого тока и при колебании тока эта величина будет изменяться. Величина напряжения на резисторе будет равна

$$U_p(t) = I_{ист}(t) \cdot R_p(t),$$

где:  $I_{ист}(t)$  - ток импульсного источника электромагнитной энергии;

$R_p(t)$  - сопротивление резистора;

$t$  - время протекания тока через резистор.

В плазменную камеру через резистор диффундирует магнитный поток величины:

$$\Phi_{предв}(t) = \int_0^t U_p(t) dt = \\ = \int_0^t I_{ист}(t) \cdot R_p(t) dt.$$

Величина тока предварительной запитки будет определяться следующим соотношением:

$$I_{предв}(t) = \frac{\int_0^t I_{ист}(t) \cdot R_p(t) dt}{L_{кам}}$$

где  $L_{кам}$  - величина индуктивности камеры.

Амплитуда тока основной запитки ( $I_{осн \max}$ ) выражается следующим соотношением:

$$I_{осн \max} = I_{ист}^0 \frac{L_{ист}}{L_{ист} + L_{кам}} + I_{предв}^0$$

где:

$I_{ист}^0$  - амплитуда тока импульсного источника в момент разрыва цепи ( $t_{разр}$ );

$L_{ист}$  - величина индуктивности импульсного источника;

$L_{кам}$  - величина индуктивности камеры;

$I_{предв}^0$  - величина тока предварительной

запитки в момент  $t_{\text{разр}}$ .

Для получения максимально возможной температуры в плазме, а следовательно, и для достижения максимального выхода нейтронного и рентгеновского излучения отношении токов основной и предварительной запиток должно находиться в строгом соответствии с составом и давлением газа в плазменной камере и в зависимости от этих факторов находится в пределах 3...5. Для устройства по а. с. N 1616386 отношение токов основной и предварительной запиток (K) выразится следующим соотношением

$$K = \frac{L_{\text{ист}} \cdot L_{\text{кам}}}{L_{\text{ист}} + L_{\text{кам}}} \cdot \frac{I_{\text{ист}}^0}{\int_0^{t_{\text{разр}}} I_{\text{ист}}(t) R_p(t) dt} \rightarrow 1$$

В данном устройстве вследствие того, что предварительная запитка осуществляется за счет диффузии магнитного потока через резистор (см. фиг. 4), последовательно соединенный с размыкателем тока, трудно осуществить оптимальное соотношение между амплитудами токов предварительной и основной запиток. Это связано с тем, что величина магнитного потока, диффундирующая через резистор в плазменную камеру в процессе предварительной запитки, зависит от величины протекающего через резистор тока в ВМГ и при колебаниях тока в ВМГ будет изменяться и соотношение между токами основной и предварительной запиток. Следует также отметить, что величина сопротивления резистора зависит от величины протекаемого через него тока. Это связано с тем, что величина сопротивления резистора возрастает пропорционально (до момента плавления материала резистора) увеличению количества теплоты, выделяемой на резисторе, то есть сопротивление резистора увеличивается пропорционально  $I_{\text{ист}}^2$ . Из выражения для соотношения между токами основной и предварительной запиток видно, что колебания амплитуды тока в ВМГ и колебания сопротивления резистора в зависимости от тока в ВМГ приводят к колебаниям и величины соотношения K. При этом соотношение между токами основной и предварительной запиток может выйти за пределы оптимального диапазона. Это приведет к снижению достигаемой температуры плазмы и к уменьшению величины выхода нейтронного и рентгеновского излучений, тем самым снижается надежность работы устройства.

В предлагаемом устройстве до момента размыкания цепи ток предварительной запитки течет через индуктивный элемент и величина напряжения, реализуемого на индуктивном элементе индуктивностью  $L_{\text{инд}}$ , составляет:

$$U_{\text{инд}}(t) = \dot{I}_{\text{ист}}(t) L_{\text{инд}}.$$

Величина магнитного потока ( $\Phi_{\text{предв}}$ ), который проходит через индуктивный элемент в камеру, будет составлять:

$$\Phi_{\text{предв}}(t) = \int_0^t \dot{I}_{\text{ист}}(t) L_{\text{инд}} dt.$$

Другой стороны:  $\Phi_{\text{предв}}(t) = I_{\text{предв}}(t) L_{\text{кам}}$ .

Отсюда:

$$I_{\text{предв}}(t) = \int_0^t \dot{I}_{\text{ист}}(t) dt \frac{L_{\text{инд}}}{L_{\text{кам}}} =$$

$$= \frac{L_{\text{инд}}}{L_{\text{кам}}} I_{\text{ист}}(t).$$

Здесь  $t$  - время протекания тока через индуктивный элемент.

Отсюда видно, что величина тока предварительной запитки  $I_{\text{предв}}(t)$  определяется только током импульсного источника электромагнитной энергии  $I_{\text{ист}}(t)$  (током ВМГ) и соотношением индуктивностей плазменной камеры и индуктивного элемента.

Амплитуда тока ( $I_{\text{предв}}^0$ ) предварительной запитки в предлагаемом устройстве составит:

$$I_{\text{предв}}^0 = \frac{L_{\text{инд}}}{L_{\text{кам}}} I_{\text{ист}}^0$$

Амплитуда тока основной запитки будет равна:

$$I_{\text{осн max}} = I_{\text{ист}}^0 \frac{L_{\text{ист}}}{L_{\text{кам}} + L_{\text{ист}}} + I_{\text{предв}}^0,$$

где  $I_{\text{ист}}^0$  - амплитуда тока импульсного источника электромагнитной энергии в момент разрыва цепи ( $t_{\text{разр}}$ );

$L_{\text{ист}}$  - величина индуктивности импульсного источника электромагнитной энергии;

$L_{\text{кам}}$  - величина индуктивности камеры;

$I_{\text{предв}}^0$  - величина тока предварительной запитки в момент  $t_{\text{разр}}$ .

Отношение амплитуд токов основной и предварительной запиток будет равно:

$$K = \frac{L_{\text{ист}} L_{\text{кам}}}{L_{\text{инд}} (L_{\text{кам}} + L_{\text{ист}})} + 1$$

Из этого выражения видно, что отношение токов основной и предварительной запиток в предлагаемом устройстве не зависит от колебаний тока в ВМГ, а определяется только величинами индуктивностей ВМГ, индуктивного элемента и плазменной камеры. Таким образом, подбором величин перечисленных выше индуктивностей мы создаем оптимальное соотношение токов основной и предварительной запиток, которое не зависит от колебания тока в ВМГ, тем самым повышается надежность работы предлагаемого устройства.

На фиг. 1 схематично изображено предлагаемое устройство, а на фиг. 2 показан индуктивный элемент. Устройство для генерации нейтронного и рентгеновского излучений содержит импульсный источник электромагнитной энергии (1), например взрывомагнитный генератор, размыкатель тока (2) и подключенную к выходу размыкателя плазменную камеру (3) с предварительным намагничиванием плазмы. Кроме того, устройство содержит индуктивный элемент (4) с экраном (5) для регулирования величины индуктивности, расположенной между импульсным источником (1) и размыкателем (2).

В качестве плазменной камеры с предварительным намагничиванием плазмы взята камера, состоящая из отсека ускорения (7), который образован коаксиальными внутренним (8) и наружным (9), электродами и



отсека торможения (10) плазмы. При этом кольцевой зазор между электродами (8) и (9) выполнен в форме сопла (11) Лавалю, а отсек торможения (10) - в виде кольцевого зазора между коаксиальными электродами, которые являются продолжениями электродов (8) и (9) и замкнуты между собой со стороны, противоположной соплу (11), металлической крышкой (12). Электроды (8) и (9) выполнены из бескислородной меди и отделены друг от друга керамическим изолятором (13). Плазменная камера заполнена дейтерием или дейтериево-третиевой смесью газов при начальном давлении ~ 10 Тор, наружный диаметр камеры может изменяться в пределах 60... 400 мм.

Источник электромагнитной энергии выполнен в виде спирального взрывомагнитного генератора с экспоненциальным нарастанием тока, основными элементами которого являются внутренний цилиндрический проводник (21), снабженный зарядом взрывчатого вещества (ВВ) (22), и спиральный наружный проводник (23), расположенные коаксиально.

Размыкатель тока (2) содержит разрываемый проводник (14), установленный между цилиндрическим диэлектрическим струеформователем (16) и диэлектрическим струегасителем (15). Струеформователь (16) выполнен с диэлектрическими кумулятивными выемками (17). На поверхности внутреннего токопровода (18) со стороны, противоположной расположению струеформователя, установлен цилиндрический заряд ВВ (19) с системой инициирования (20). Разрываемый проводник (14) с одной стороны соединен индуктивным элементом (4), а с другой - с внутренним электродом (8) плазменной камеры (3).

Индуктивный элемент (см. фиг. 2) представляет собой многозаходную спираль из проводящего материала, например меди, с изолированными витками. Поперечное сечение витков спирали индуктивного элемента должно быть достаточным, чтобы пропустить весь ток ВМГ. Экран (5) выполнен в виде двух металлических полуцилиндров (полуцилиндры изготовлены из пустотельного цилиндра, разрезанного вдоль образующей на две равные части, и установлены относительно друг друга с зазором симметрично), которые могут перемещаться азимутально на величину  $\Delta_1$  вдоль индуктивного элемента до соприкосновения с его витками и тем самым закорачивают часть его витков и уменьшают величину индуктивности и радиально на величину  $\Delta_2$  (см. фиг. 2), увеличивая или уменьшая зазор между экраном и индуктивным элементом. Приближая экран к индуктивному элементу, мы уменьшаем величину индуктивности индуктивного элемента.

В состав устройства входит замыкатель (6). Он предназначен для закорачивания индуктивного элемента в момент срабатывания размыкателя. В этом случае электромагнитная энергия, накапливаемая в индуктивном шунте, во время разрыва проводника (14) выделяется в виде тепловой энергии в местах разрыва проводника и тем самым облегчаются условия работы размыкателя тока (2).

Устройство работает следующим образом. После заполнения плазменной камеры (3) дейтерием и дейтериево-третиевой смесью газов во взрывомагнитном генераторе (1) производится сжатие магнитного потока за счет движения стенок внутреннего цилиндрического проводника (21) под действием давления продуктов детонации заряда ВВ (22), последовательно замыкающих витки спирали (23). В течение всего времени работы импульсного источника (1) часть магнитного потока из него передается в камеру (3) через индуктивный элемент (4). Эта часть магнитного потока создает в электродах камеры (8) и (9) ток  $I_{предв}(t)$ , который до момента разрыва проводника (14) растет со временем пропорционально току  $I_{ист}(t)$ , т.е. по экспоненциальному закону.

В момент, когда ток от импульсного источника (ВМГ) достигает максимального значения, производится разрыв проводника (14) с помощью кумулятивных струй, формирующихся при схлопывании кумулятивных выемок (17) в струеформователе (16) при воздействии ударной волны от заряда ВВ (19). В этот же момент времени за счет воздействия ударной волны в струеформователе (16) от заряда ВВ (19) производится замыкание проводника (14) и контакта замыкателя (6) (происходит срабатывание замыкателя (6)). Образуется замкнутый контур, состоящий из замыкателя (6), индуктивного элемента (4), части проводника (14) и части проводника (24). Электромагнитная энергия индуктивного элемента, равная

$$\frac{L_{инд} + I_{ист}^2}{2},$$

в этом случае рассеивается в этом контуре, а не в местах разрыва проводника (14), что облегчит условия работы размыкателя (2). (С увеличением энергии, выделяющейся в местах разрыва проводника величина сопротивления размыкателя уменьшается, а время формирования импульса тока в нагрузке увеличивается).

При разрушении проводника (14) ток в нем начинает уменьшаться, на концах разрывающегося участка проводника возникает напряжение (ЭДС самоиндукции), которое и формирует в плазменной камере импульс тока основной запитки. Под действием высокого напряжения между электродами (8) и (9) происходит ионизация газа в камере (3). Образовавшаяся плазма в отсеке ускорения (7) под действием нарастающего магнитного поля от тока основной запитки ускоряется в сторону сопла Лавалю (11). При выходе из сопла (11) плазма приобретает скорость, превышающую альфеновскую скорость звука

$$- \frac{H}{\sqrt{\mu_0 \rho}}$$

(H - напряженность магнитного поля,  $\rho$  - плотность плазмы). При выходе из сопла (11) плазма тормозится и нагревается в ударной волне, которая образуется в камере торможения (10) на выходе из сопла (11) за счет противодействия магнитного поля тока предварительной запитки.

Как показывают расчеты, температура нагретой плазмы может достигать - 2 кэВ при плотности ионов  $\sim 10^{17} \text{ см}^{-3}$  с временем жизни плазмы - 10 нс, при этом нейтронный выход может составлять более  $10^{13} \text{ н/имп}$ .

За счет более надежного осуществления оптимального соотношения между амплитудами токов основной и предварительной запиток ускоряется цикл исследования процессов, происходящих при нагреве плазмы.

#### Формула изобретения:

Устройство для генерации нейтронного и рентгеновского излучений, содержащее импульсный источник электромагнитной

энергии размыкатель тока и подключенную к выходу размыкателя плазменную камеру с предварительным замагничиванием плазмы, отличающееся тем, что устройство дополнительно содержит индуктивный элемент с возможностью регулирования величины индуктивности с помощью экрана, причем указанный индуктивный элемент соединен последовательно с импульсным источником и размыкателем тока и расположен между ними.

5

10

15

20

25

30

35

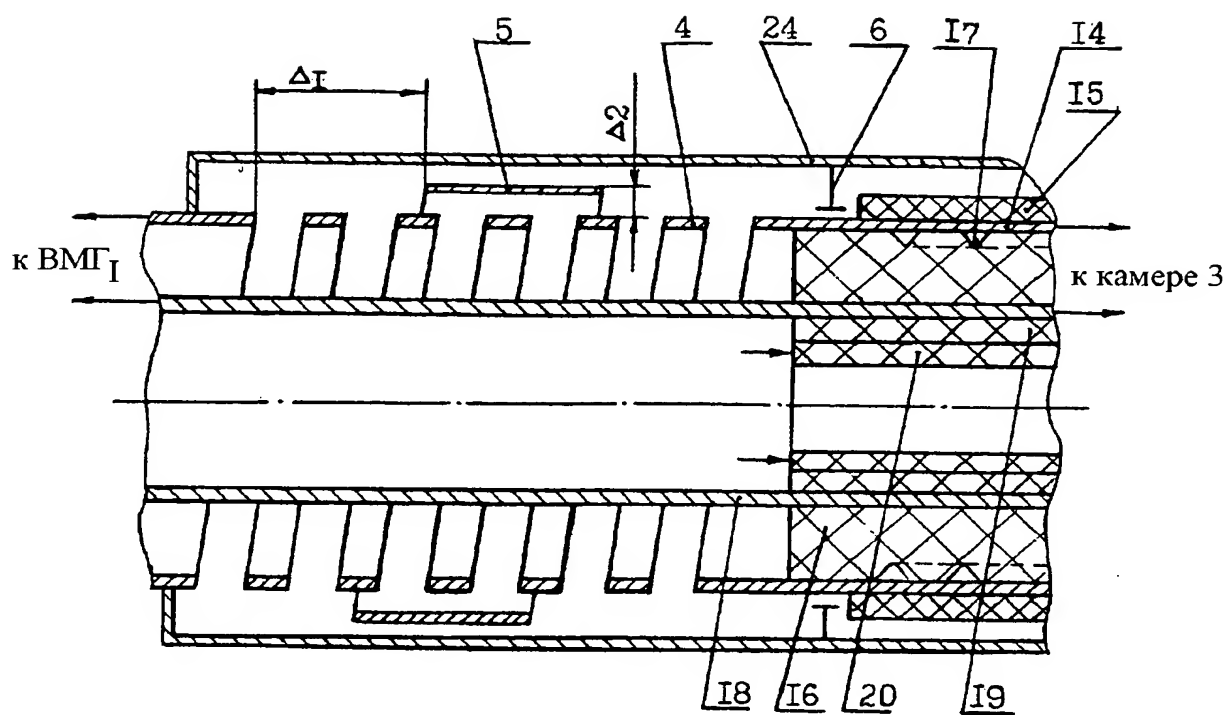
40

45

50

55

60



Фиг.2

